

Índice de contenidos

	N° Página
Capítulo 1: Planteamiento del problema	6
1.1.- Introducción.....	6
1.2.- Objetivos	7
1.2.1.- Objetivo general.....	7
1.2.2.- Objetivos específicos	7
Capítulo 2: Marco Teórico.....	8
2.1.- Conceptos Generales	8
2.1.1.- Energía geotérmica.....	8
2.1.2.- Energía geotérmica en Chile	8
2.1.3.- Tipos de energía geotérmica	11
2.1.3.1.- Energía geotérmica de alta temperatura o alta entalpía.....	11
2.1.3.2.- Energía geotérmica de media temperatura.....	11
2.1.3.3.- Energía geotérmica de baja temperatura o baja entalpía	11
2.1.3.4.- Energía geotérmica de muy baja temperatura.....	12
2.1.4.- Aplicaciones de la geotermia en infraestructuras	13
2.1.5.- Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica	14
2.1.5.1. Ventajas.....	14
2.1.5.2. Inconvenientes.....	15
2.1.6.- Principio de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica.....	16
2.2.- Tipos de instalaciones para climatización geotérmica	18
2.2.1.- Captación horizontal	18
2.2.2.- Captación vertical.....	18
2.2.3.- Sistemas abiertos	20
2.2.4.- Cimientos geotérmicos o termoactivos	20
2.3.- Reglamentación Térmica	21
2.3.1.- Condiciones de confort térmico	21
2.3.2.- Características térmicas de los materiales.....	22
2.3.2.1.- Conductividad térmica.....	22
2.3.2.2.- Resistencia térmica	22
2.3.2.3.- Transmitancia térmica	23

2.3.3.- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Art 4.1.10	23
2.3.3.1.- Exigencia de acondicionamiento térmico para muros, techumbre y pisos ventilados	24
2.3.3.2.- Alternativas para cumplir las exigencias térmicas	24
2.3.3.3.- Exigencia para ventanas.....	25
2.3.4.- Métodos de cálculo de la resistencia térmica total y de la transmitancia térmica de elementos constructivos.....	28
2.3.4.1.- Resistencias térmicas de superficie	28
2.3.4.2.- Elementos simples y homogéneos.....	28
2.3.4.3.- Elementos compuestos.....	29
2.3.4.4.- Elementos heterogéneos.....	29
2.3.4.5.- Pisos en contacto con el terreno	31
2.4.- Fundamentos térmicos del terreno	31
2.4.1.- Análisis geológico del terreno.....	31
2.4.2.- Evolución de la temperatura con la profundidad	31
2.4.3.- Propiedades térmicas del terreno	32
2.4.3.1.- La radiación solar	32
2.4.3.2.- Recepción de la radiación solar por el suelo	33
2.4.3.3.- Inclinación del suelo.....	33
2.4.3.4.- Exposición del suelo.....	34
2.4.3.5.- Color del suelo	34
2.4.3.6.- Calor específico y textura del suelo	34
2.4.3.7.- Humedad del suelo	35
Capítulo 3: Estudio del rendimiento de sistemas tradicionales de calefacción para la Provincia de Curicó	36
3.1.- Costos por consumo de energía	36
3.1.1.- Cuantificación de la demanda.....	36
3.1.2.- Demanda de energía de calefacción.....	36
3.1.3.- Demanda de potencia de calefacción.....	37
3.2.- Caracterización del mercado de artefactos.....	38
3.2.1.- Opciones de calefacción	38
3.2.1.1.- Calefactores a leña.....	39
3.2.1.2.- Calefactores a pellets.....	41
3.2.1.3.- Calefactores a gas y kerosene.....	42

3.2.1.4.- Calefactores eléctricos.....	45
3.2.3.- Resumen de precios de referencia por zona	45
3.3.- Eficiencia térmica de calefactores	46
3.4.- Costos anuales de Operación y Mantenimiento.....	47
3.5.- Caracterización del mercado de combustibles.....	48
3.5.1.- Precio de la leña.....	48
3.5.2.- Precio de derivados de leña y electricidad	48
3.5.3.- Precios de derivados del petróleo	49
3.6.- Conclusiones del capítulo	49
Capítulo 4: Cálculo de la transmitancia térmica de elementos constructivos predominantes, en conformidad a la normativa térmica	52
4.1.- Descripción de la vivienda	52
4.2.- Condiciones de diseño	52
4.3.- Cálculo de transmitancia térmica en elemento muro	52
4.3.1.- Muro de albañilería.....	52
4.3.2.- Muro de hormigón armado	54
4.4.- Estimación de la superficie máxima de ventanas.....	55
4.5.- Cálculo de transmitancia térmica en elemento techumbre	56
4.5.1.- Techumbre de cubierta no ventilada.....	56
4.5.2.- Techumbre de cubierta ventilada.....	58
4.6.- Cálculo de transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno	58
Capítulo 5: Cálculo de la carga térmica.....	60
5.1.- Carga térmica de transmisión	60
5.2.- Carga térmica de renovación de aire	61
5.3.- Carga térmica de infiltración de aire	63
5.4.- Carga térmica interna	63
5.4.1.- Carga térmica por los ocupantes	64
5.4.2.- Carga térmica por iluminación.....	65
5.4.3.- Carga térmica de los equipos.....	65
5.5.- Carga térmica de refrigeración en verano	66
5.6.- Carga térmica de calefacción en invierno.....	67
Capítulo 6: Diseño del intercambiador geotérmico enterrado.....	68
6.1.- Elección de la bomba de calor	68

6.2.- Elección del fluido circulante	70
6.3.- Elección de la configuración	71
6.4.- Elección de los tubos.....	71
6.4.1.- Elección de los materiales.....	71
6.4.2.- Elección del diámetro	71
6.4.2.1.- Calculo del diámetro para refrigeración en verano:.....	73
6.4.2.2.-Calculo del diámetro para calefacción en invierno:	74
6.5.- Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado.....	75
6.5.1.- Determinar la temperatura máxima y mínima de la tierra.....	75
6.5.1.1.- Cálculo de la temperatura máxima T_H de la tierra	78
6.5.1.2.- Cálculo de la temperatura mínima T_L de la tierra	79
6.5.2.- Determinar las temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor.....	79
6.5.3.- Cálculo de la diferencia de temperatura entre la tierra y el circuito.....	79
6.5.4.- Cálculo de la resistencia de los tubos al flujo de calor	80
6.5.5.- Cálculo de la resistencia de la tierra al flujo de calor	80
6.5.6.- Cálculo del factor de utilización.....	81
6.5.7.- Calculo de la longitud del intercambiador de calor enterrado.....	84
6.5.8.- Tablas de resumen de la longitud del intercambiador enterrado a diferentes profundidades	86
6.5.9.- Solución para la disposición del intercambiador enterrado.....	87
6.6.- Comparación de sistemas respecto del costo de operación	89
6.6.1.- Utilización del programa Retscreen para el análisis económico del sistema.....	91
6.7.- Presupuesto de la implementación	95
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.....	99
Anexo 1: Conductividad térmica de los principales materiales de construcción	102
Anexo 2: Lista de calefactores a leña.....	106
Anexo 3: lista de calefactores a pellets.....	107
Anexo 4: Lista de calefactores a kerosene	108
Anexo 5: Lista de calefactores a gas	109
Anexo 6: Lista de calefactores eléctricos	110
Anexo 7: Caldera a gas	111
Anexo 8: Caldera a diésel	112
Anexo 9: Caldera a leña.....	113

Anexo 10: Estratificación de solución constructiva cubierta no ventilada	114
Anexo 11: Anuarios climatológicos de los años 2010 al 2013	115
Anexo 12: Tuberías de polietileno	117
Anexo 13: Calicatas realizadas en el centro de Curicó.....	118
Anexo 14: Calculo de las horas de marcha	119
Bibliografía	122